

# **第3期中長期目標期間における 研究開発の成果 (事後評価)**

**令和4年1月31日**

**日本原子力研究開発機構  
核燃料・バックエンド研究開発部門  
地層処分研究開発推進部**

# 内 容

1. 第3期中長期目標と中長期計画の概要
2. 第3期中長期目標期間における研究成果のポイント
3. 第3期中長期計画における取組みの内容
4. 地層処分研究開発・評価委員会における中間評価結果
5. 自己評価

## 参考)参考資料④

第3期中長期目標期間における研究開発の成果  
(事後評価)詳細版【参考資料④】

# 1. 第3期中長期目標と中長期計画の概要(1/2)

| 第3期中長期目標(抜粋)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 第3期中長期計画(抜粋)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>IV. 研究開発の成果の最大化その他の業務の質の高揚に関する事項</p> <p>6.核燃料サイクルに係る再処理、燃料製造及び放射性廃棄物の処理処分に関する研究開発等</p> <p>(3) 高レベル放射性廃棄物の処分技術等に関する研究開発</p> <ul style="list-style-type: none"><li>● 高レベル放射性廃棄物の地層処分の実現に必要な基盤的な研究開発を着実に進めるとともに、実施主体が行う地質環境調査、処分システムの設計・安全評価及び国による安全規制上の施策等のための技術基盤を整備・提供する。</li><li>● 2つの深地層研究計画については、改革の基本的方向を踏まえた調査研究を委託などにより重点化しつつ着実に進める。</li><li>● 超深地層研究所計画では、令和4年1月までの土地賃貸借期間を念頭に調査研究に取り組む。</li><li>● さらに、これらの取組を通じ、実施主体との人材交流、円滑な技術移転を進める。</li><li>● 代替処分オプションとしての使用済燃料直接処分の調査研究を継続する。</li><li>● これらの取組により、我が国の将来的な地層処分計画立案に資する研究成果を創出する。</li></ul> | <p>II.研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上に関する目標を達成するため取るべき措置</p> <p>6.核燃料サイクルに係る再処理、燃料製造及び放射性廃棄物の処理処分に関する研究開発等</p> <p>(3) 高レベル放射性廃棄物の処分技術等に関する研究開発</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・地層処分の実現に必要な基盤的な研究開発を着実に進めるとともに、使用済燃料直接処分の調査研究を継続し、これらにより地層処分計画に基づいた地層処分事業に貢献する。</li><li>・さらに、これらの取組を通じ、<b>実施主体との人材交流等を進め、円滑な技術移転を進める。</b></li><li>・加えて、代替処分オプションとしての使用済燃料直接処分の調査研究を継続する。</li><li>・これらの取組により、我が国の将来的な地層処分計画立案に資する研究成果を創出するとともに、地層処分計画に基づいた地層処分事業に貢献する。</li><li>・研究開発の実施に当たっては、最新の科学的知見を踏まえることとし、実施主体、国内外の研究開発機関、大学等との技術協力や共同研究等を通じて、最先端の技術や知見を取得・提供し、<b>我が国における地層処分に関する技術力の強化・人材育成に貢献する。</b></li><li>・また、<b>深地層の研究施設の見学、ウェブサイトの活用による研究成果に関する情報の公開を通じ、地層処分に関する国民との相互理解促進に努める。</b></li></ul> <p>(深地層の研究施設計画)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・2つの深地層研究計画を着実に推進し、<b>令和元年度末を目途に外部専門家による評価等により研究開発の進捗状況を確認する。</b></li><li>・<b>超深地層研究計画では、令和元年度末までに成果を出すことを前提に取り組むとともに、「令和2年度以降の超深地層研究計画」に基づき坑道の埋め戻し、地上施設の撤去等を進める。</b></li><li>・<b>幌延深地層研究計画については、必須の課題に重点的に取り組むとともに、令和元年度末までに研究終了までの工程やその後の埋め戻しについて決定する。令和2年度以降の計画に基づき、実際の地質環境における人工バリアの適用性確認、処分概念オプションの実証及び地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証を進める。</b></li></ul> <p>(地質環境の長期安定性に関する研究)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・自然現象に伴う地質環境の変化を予測・評価する技術を、<b>地球年代学に係る最先端の施設・設備も活用しつつ整備する。</b></li></ul> |

# 1. 第3期中長期目標と中長期計画の概要(2/2)

| 第3期中長期目標(抜粋)                                                                                             | 第3期中長期計画(抜粋)                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (3) 高レベル放射性廃棄物の処分技術等に関する研究開発(つづき)                                                                        | (高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発)<br>・ 深地層の研究施設計画、地質環境の長期安定性に関する研究成果も活用し、 <b>地層処分に係る処分システム構築・評価解析技術の先端化・体系化を図る。</b><br><br>(使用済燃料の直接処分研究開発)<br>・ 海外の最新の技術動向や、地層処分研究開発成果を活用し、 <b>使用済燃料の直接処分の調査研究に取り組み、成果を取りまとめる。</b>             |
| 8. 産学官との連携強化と社会からの信頼の確保のための活動<br>(1) イノベーション創出に向けた取組<br>研究開発成果の最大化を図り、成果を広く国民・社会に還元するとともに、イノベーション創出につなげる | 8. 産学官との連携強化と社会からの信頼の確保のための活動<br>(1) イノベーション創出に向けた取組<br>・ 研究開発成果の最大化を図り、成果を広く国民・社会に還元するとともに、イノベーション創出につなげる。                                                                                                         |
| V. 業務運営の合理化に関する事項<br>1. 業務の合理化・効率化<br>研究開発成果の最大化に留意しつつ、経費の合理化・効率化を進める                                    | III. 業務運営の効率化に関する目標を達成するため取るべき措置<br>1. 経費の合理化・効率化<br>・ 経費の合理化・効率化の観点から、 <b>幌延深地層研究計画に係る研究坑道の整備等においては、引き続き民間活力の導入を継続する。</b><br>・ また、 <b>超深地層研究所計画に係る坑道の埋め戻し及び地上施設の撤去並びに埋め戻し期間中から埋め戻し後の地下水のモニタリング等において、民間活力を導入する。</b> |
| VI. 財務内容の改善に関する事項<br>共同研究収入、競争的研究資金、受託収入、施設利用料収入等の自己収入の増加に努め、より健全な財務内容とする。                               | IV. 財務内容の改善に関する目標を達成するために取るべき措置<br>・ 共同研究収入、競争的研究資金、受託収入、施設利用料収入等の自己収入の増加に努め、より健全な財務内容の実現を図る。                                                                                                                       |

## 2. 第3期中長期目標期間における研究成果のポイント(1/2)

| 細目                  | 第3期中長期計画                                                                                                     | H27-R3(第3期中長期期間全体)の成果                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1) 深地層の研究施設計画       | 【超深地層研究所計画】<br>・「必須の課題」の着実な実施と令和元年度末までに成果を取りまとめ<br>・令和2年度以降の計画に基づき坑道の埋め戻し及び地上施設の撤去を進めるとともに、モニタリングシステムの有効性を確認 | ・大深度の水平地下空間を安全に掘削し維持する技術や、地下空間を活用しながら、大深度の地質環境を調査・評価する技術確立し、「必須の課題」の成果として取りまとめ、所期の目的を達成した。<br>・令和2年度以降の計画に基づき、坑道の埋め戻しを計画的に進め、令和3年12月2日に坑道の埋め戻しを完了し、当初の予定どおり令和4年1月16日の土地賃貸借期間までに坑道埋め戻し、地上施設の撤去を完了するとともに、モニタリングシステムの有効性を確認した。                                                                                                                                               |
|                     | 【幌延深地層研究計画】<br>・「必須の課題」の着実な実施と令和元年度末までに成果を取りまとめ<br>・令和2年度以降の計画に基づき「必須の課題」のうち残された課題に取り組む                      | ・令和元年度までに実施した必須の課題の成果を報告書として取りまとめ、その結果も踏まえ、引き続き研究開発が必要と考えられる課題を抽出し、「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」を策定した。また、稚内層深部(深度500m)での研究の実施について、「幌延深地層研究の確認会議」で確認を得た(R3.7)。<br>・人工バリア性能確認試験データを用いたTHMC連成現象の評価手法の信頼性向上・高度化のほか、坑道周辺の酸化抑制メカニズムの解明、断層・割れ目の長期的な透水性の評価手法の開発など、着実に成果を創出し、実際の処分事業においても実用的に活用可能な技術基盤の整備に大きく貢献した。<br>・幌延深地層研究センターを活用した新たなOECD/NEA国際共同プロジェクトに関わる準備会合への参加機関の募集を行った(R3.10.26)。 |
| 2) 地質環境の長期安定性に関する研究 | ・自然現象に伴う地質環境の変化を予測・評価する技術を、地球年代学に係る最先端の施設・設備も活用しつつ整備                                                         | ・幅広い年代域(10 <sup>4</sup> から10 <sup>7</sup> 年)や様々な自然現象・試料に対応可能な年代測定手法として体系化し、断層の活動性、隆起・侵食速度の把握等の調査・評価技術開発の整備に貢献した。特筆すべき例としては、ジルコンの結晶化年代・温度を推定するための新たな分析手法を開発し、岩体の冷却速度の見積りの精度の向上につなげるとともに、津波防災にも貢献できる津波堆積物の特定方法を提案した。                                                                                                                                                        |

# 2. 第3期中長期目標期間における研究成果のポイント(2/2)

| 細目                     | 第3期中長期計画                                                                           | H27-R3(第3期中長期期間全体)の成果                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3) 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発 | ・深地層の研究施設計画や地質環境の長期安定性に関する研究成果も活用し、高レベル放射性廃棄物の地層処分に係る処分システム構築・評価解析技術の先端化・体系化       | ・沿岸域を含む幅広い地質環境条件を想定した人工バリア・地下施設の設計に必要な金属容器の腐食データや坑道埋め戻し材の基本特性データの取得及びデータベース化、幌延での試験成果の活用による地下環境・実スケールでの人工バリアの連成挙動モデルの適用性確認など、 <b>人工バリアの適用性評価や長期挙動推定のための技術基盤を整備</b> した。<br>・ニアフィールドの長期変遷や周囲の地質環境に対応できる緩衝材・岩石中の核種移行評価モデルとデータベースの整備、地上の室内試験で扱う岩石試料と実際の地下深部における岩盤の状態との差異に基づき地下深くの岩盤中の放射性物質の動きをより正確に推定する手法の構築、幌延の地下データを活用した有機物・微生物等の核種移行への影響評価手法の開発など、 <b>モデル・データベースの整備及び評価手法の高度化を図ることができた。</b>                                                              |
| 4) 使用済燃料の直接処分研究開発      | ・海外の直接処分に関する最新の技術動向の調査、高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発の成果の活用により、代替オプションとしての使用済燃料直接処分に係る技術基盤を整備 | ・ガラス固化体等の地層処分研究で培った技術基盤を活用しながら、使用済燃料の特徴(形状・寸法、発熱量、インベントリ、特有な現象等)を考慮した直接処分システムの設計やその安全性の評価を試行し、 <b>直接処分にに関する評価方法の構築に見通しを得た。</b> また、使用済燃料に特有な核種溶出挙動(瞬時放出、長期溶解)の理解とパラメータ設定に寄与するデータ取得などを着実に進めた。<br>・直接処分以外の代替処分オプションとして、 <b>超深孔処分について、その基盤となる掘削技術、地質環境調査技術、データ取得技術などの現状を把握し課題の見通しを得た。</b>                                                                                                                                                                   |
| 5) 研究開発の進捗状況の確認と情報発信   | ・研究開発成果の発信、地層処分に<br>関する国民との相互理解の促進                                                 | ・国内外の学会発表(810件)、報告書類の刊行(226件)、論文投稿・掲載(439件)に加え、Webを活用した情報発信や、プレス発表(18件)を行い、積極的な成果の普及に努め、 <b>地層処分の技術基盤の整備・提供</b> を行った。なお、上記の成果がNUMOの包括的技術報告書に引用された(190件)。<br>・また、国やNUMOが主催する意見交換会等に研究者・技術者を派遣し、一般の方々や専門家、報道関係者等と意見交換を行い、 <b>地層処分にに関する国民との相互理解促進に努めた。</b><br>・さらに、 <b>新型コロナウイルス感染症の影響下における効果的な理解促進活動の新たな試み</b> として、幌延深地層研究センターにおける研究内容を紹介する動画の制作、「ゆめ地創館」案内動画の制作・公開のほか、深地層の研究施設計画に関する成果報告会及び住民説明会のライブ配信を行った。これらの <b>取組により、対面での情報発信が限られる中でも確実な情報発信ができた。</b> |

＊ 本研究は、経済産業省資源エネルギー庁委託事業(地層処分技術調査等事業、高レベル放射性廃棄物等の地層処分にに関する技術開発事業[JP007597])の成果の一部を利用した。

5

# 3. 第3期中長期計画における取組みの内容

## (1) 深地層の研究施設計画(瑞浪)(1/2)

- 第3期中長期計画(抜粋)
- 地下坑道における**工学的対策技術の開発、物質移動モデル化技術の開発及び坑道埋め戻し技術の開発に重点的に取り組む**(令和元年度末までに、それまでの必須の課題の成果を取りまとめ)。
  - **令和元年度末までに坑道埋め戻しなどのその後の進め方について決定。**
  - 令和2年度以降については、「**令和2年度以降の超深地層研究所計画**」に基づき、土地賃貸借期間の終了までに**坑道の埋め戻し及び地上施設の撤去を実施**
  - 埋め戻し期間中は、埋め戻しに伴う地下水の回復状況を確認するために、**実証研究を兼ねてモニタリングシステムの有効性を確認。**

| 年度<br>項目                        | 細目                             | 中長期<br>終了目標          | H27<br>(実績)               | H28<br>(実績)                                  | H29<br>(実績)                 | H30<br>(実績)           | R1<br>(実績)                   | R2<br>(実績)                       | R3<br>(実績)                |
|---------------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| (3)高レベル放射性廃棄物の処分技術等に関する<br>研究開発 | 1)深地層の研究施設計画<br>①超深地層研究所計画(瑞浪) | ・「必須の課題」の着実な実施と取りまとめ | 地下坑道における工学的対策技術の開発        |                                              |                             |                       |                              | 研究開発成果の<br>取りまとめと公表              |                           |
|                                 |                                |                      | ・ウォータータイトグラウトによる湧水抑制効果把握等 | ・高水圧化で適用できる湧水抑制技術開発のプレス発表                    | ・グラウト材と岩盤との相互作用に係る概念モデル構築等  |                       | ・ウォータータイトグラウト技術の成果の取りまとめ等    |                                  |                           |
|                                 |                                |                      | 物質移動モデル化技術の開発             |                                              |                             |                       |                              |                                  |                           |
|                                 |                                |                      | ・室内拡散試験による物質移動特性調査等       | ・岩盤が有する遅延機能に関する新たな発見をプレス発表                   | ・物質閉じ込め能力を実際の坑道で示した結果をプレス発表 | ・結晶質岩の割れ目評価のための新知見を発見 | ・地下水の流動経路や水質の長期的な変化の把握方法の提示等 | ・瑞浪での研究・人材育成・理解促進等の成果について受賞      | ・瑞浪における24年間の成果取りまとめ・公表予定  |
|                                 |                                |                      | 坑道埋め戻し技術の開発               |                                              |                             |                       |                              | 坑道埋戻し・モニタリング                     |                           |
|                                 |                                |                      | ・再冠水試験の開始(水圧回復挙動の把握等)     | ・冠水後の地質環境の変化を把握し、埋め戻しによる地質環境の環境回復に係る重要な知見を取得 |                             |                       | ・500m坑道での埋め戻し試験等             | ・坑道埋め戻しに着手(R2.2-)・地下水の環境モニタリング開始 | ・土地賃貸借期限(R4.1)までに坑道埋め戻し完了 |
|                                 |                                |                      |                           |                                              |                             |                       |                              |                                  |                           |

# 3. 第3期中長期計画における取組みの内容

## (1) 深地層の研究施設計画(瑞浪) (2/2)

### 【研究の背景・狙い・目標・意義】

地層処分事業の精密調査において必要とされる技術のうち、地下坑道における工学的対策技術の開発、物質移動モデル化技術の開発及び坑道埋め戻し技術の開発に重点的に取り組む。

### 【実施内容】

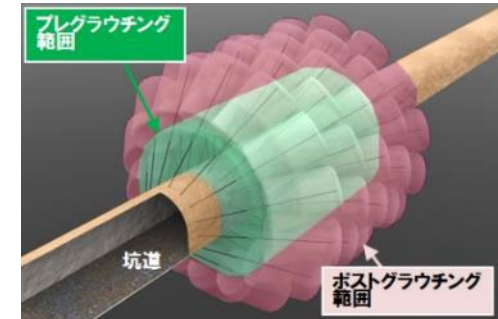
・地下坑道における工学的対策技術の開発として、地下水抑制技術・地下水管理技術の開発を行う。物質移動モデル化技術の開発として、不均質な割れ目ネットワークのモデル化手法の開発と地質環境の長期変遷に関する解析・評価技術の開発を行う。坑道埋め戻し技術の開発として、坑道閉鎖に伴う環境回復試験技術の開発とモニタリング技術の開発を行う。

### 【成果・地層処分事業や他分野への貢献】

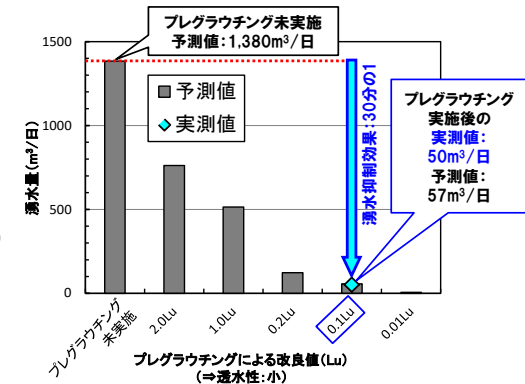
- 高水圧環境下での湧水抑制技術の開発や、地下水の排水処理技術の有効性確認のほか、亀裂性岩盤の不均質性や湧水可能性を評価可能な手法を開発し、地下施設の設計や建設時、安全評価に有効活用できる成果が得られた。
- 「必須の課題」の成果取りまとめを行い、所期の成果が得られたことから、研究開発を終了することとして、「令和2年度以降の超深地層研究所計画」を策定した。
- 本成果は地層処分事業のほか、トンネル工事等の土木分野での活用も期待される。

### 【他機関・他部署との連携】

- 国内大学や研究機関等との共同研究を実施
- 国際共同研究(DECOVALEX 2016-2019;瑞浪再冠水試験を共同解析タスクとした連成解析に係わる国際共同研究)を実施



プレグラウチングとポストグラウチングの概念図



プレグラウチングの効果の評価結果

# 3. 第3期中長期計画における取組みの内容

## (1) 深地層の研究施設計画(幌延)(1/3)

- 第3期中長期計画
- 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認、処分概念オプションの実証及び地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証に**重点的に取り組む**(令和元年度末までに、それまでの必須の課題の成果を取りまとめ)。
  - **令和元年度末までに研究終了までの工程やその後の埋め戻しについて決定。**
  - 令和2年度以降については、「**令和2年度以降の幌延深地層研究計画**」に基づき、実際の地質環境における人工バリアの適用性確認、処分概念オプションの実証及び地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証を実施。

| 年度<br>項目                    | 細目                           | 中長期<br>終了目標          | H27<br>(実績)                                                                                                                                                          | H28<br>(実績) | H29<br>(実績) | H30<br>(実績) | R1<br>(実績) | R2<br>(実績)                                                                                                                 | R3<br>(実績) |
|-----------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| (3)高レベル放射性廃棄物の処分技術等に関する研究開発 | 1)深地層の研究施設計画<br>②深地層研究計画(幌延) | ・「必須の課題」の着実な実施と取りまとめ | 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認                                                                                                                                               |             |             |             |            | 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認                                                                                                     |            |
|                             |                              |                      | ・人工バリア、埋め戻し材、プラグ、処分孔掘削技術に関する設計手法、製作・施工及び品質管理手法を実証、加熱・注水時の人工バリアの挙動に関するデータを取得<br>・オーバーバック腐食試験を行い、これまでの地上での腐食試験結果の妥当性を確認<br>・トレーサー試験により、健岩部や割れ目における物質の移動現象を適切に評価する手法を確立 |             |             |             |            | ・浸潤時・減熱時のデータ取得、連成解析手法に関する国際共同研究の開始、解体調査に先立った試験施工の実施<br>・物質移行現象などを計測・評価する技術の高度化                                             |            |
|                             |                              |                      | 処分概念オプションの実証                                                                                                                                                         |             |             |             |            | 処分概念オプションの実証                                                                                                               |            |
|                             |                              |                      | ・湧水抑制技術、支保技術の実証実験により、これらの技術の有効性を確認<br>・搬送定置・回収技術等の実証実験により、これらの技術の有効性を確認                                                                                              |             |             |             |            | ・粘土を用いた止水壁による掘削損傷領域の透水性の低下を原位置試験で確認<br>・緩衝材中の鉱物変質が緩衝材の物性に与える影響などを抽出し研究計画を作成                                                |            |
|                             |                              |                      | 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証                                                                                                                                                  |             |             |             |            | 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証                                                                                                        |            |
|                             |                              |                      | ・地震動が透水性に与える影響範囲を推定、断層の幅が数cmの規模の小さな断層に着目し、断層の透水性への地震動の影響などを確認<br>・DI(ダクティリティインデックス:岩石にかかる力の度合いを表す指標)を用いて、埋め戻し後の掘削損傷領域の透水性予測が可能であることの見通しを得た                           |             |             |             |            | ・幅10cmの大型の断層を対象とした水圧擾乱試験、試験結果の解析の実施<br>・物理探査を組み合わせて、化石海水の分布する可能性が高い領域を効率的に判読できることを確認<br>・掘削損傷領域に樹脂を注入し、割れ目のせん断変位量と開口幅を詳細観察 |            |

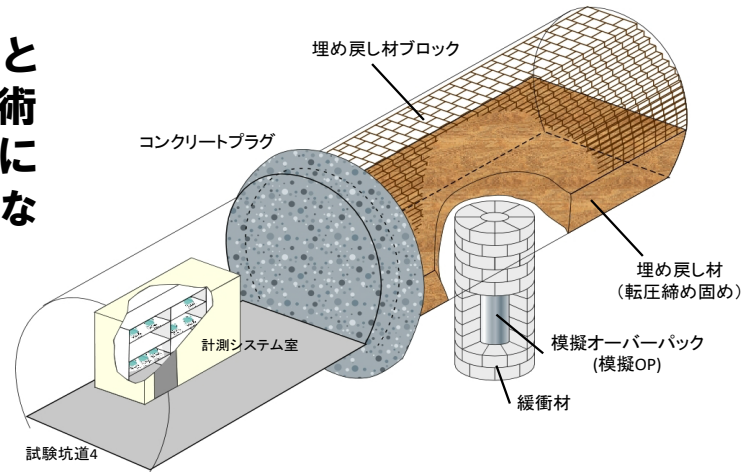
# 3. 第3期中長期計画における取組みの内容

## (1) 深地層の研究施設計画(幌延)(2/3)

### 【研究の背景・狙い・目標・意義】

幌延深地層研究センターでは、これまで深度350mまでの立坑掘削と調査研究用の水平坑道を展開しながら、地質環境を調査・評価する技術や深地層における工学技術の開発を着実に進めてきた。平成26年度に設定した必須の課題では、今後の課題の網羅的抽出と必要性の確認などを踏まえて、以下の「必須の課題」を設定した。

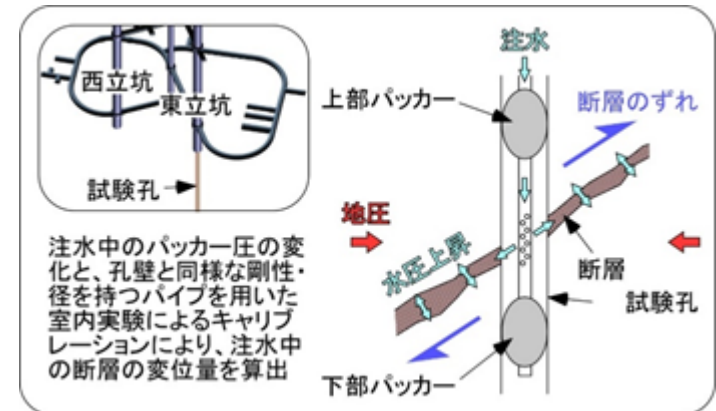
- ・実際の地質環境における人工バリアの適用性確認
- ・処分概念オプションの実証
- ・地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証



人工バリア性能確認試験の概念図

### 【実施内容】

- ・人工バリア性能確認試験、オーバーバック腐食試験、物質移行試験を通して、実際の地質環境において、人工バリアや周辺岩盤中での熱－水－応力－化学連成挙動や物質移行現象などを計測・評価する技術の適用性を確認し、「精密調査後半」に必要となる実証試験の技術基盤を確立する。
- ・人工バリア設置環境の深度依存性を考慮し、種々の処分概念オプションの工学的実現性を実証し、多様な地質環境条件に対して柔軟な処分場設計を行うことを支援する技術オプションを提供する。
- ・地震・断層活動等の地殻変動に対する力学的・水理学的な緩衝能力を定量的に検証し、堆積岩地域における立地選定や処分場の設計を、より科学的・合理的に行える技術と知見を整備する。



水圧擾乱試験の概要

# 3. 第3期中長期計画における取組みの内容

## (1) 深地層の研究施設計画(幌延) (3/3)

### 【成果・地層処分事業や他分野への貢献】

- 人工バリア性能確認試験において、設計手法、製作・施工及び品質管理手法を実証するとともに、加熱・注水時のデータを取得し、THMC解析ツールの力学モデルを高度化した。これらの成果は、精密調査段階における安全性・合理性等を考慮した手順・工法の選定、地層処分後の安全評価における初期状態の把握に寄与する。
- オーバーパック腐食試験により、これまでの地上での腐食試験結果に基づくオーバーパックの設計や寿命評価の妥当性を確認した。
- トレーサー試験により、健岩部や割れ目における物質の移動現象を適切に評価可能な手法を確立した。
- 湧水抑制技術、支保技術、搬送定置・回収技術等の実証試験により、これらの技術の有効性を確認するとともに、回収可能性を維持した場合の処分場の安全性への影響に関する品質評価手法を提示した。これらの成果は、「処分場の設計技術の向上」や「処分場建設の安全性を確保する技術の高度化」に寄与する。
- 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証において、地震動が透水性に与える影響範囲を推定した。断層の幅が数cmの規模の小さな断層に着目し、断層の透水性への地震動の影響などを確認した。また、世界で初めて汎用的な装置を活用して人工的に岩盤中の割れ目をずらす原位置試験手法を開発した。これらの成果は、「地質環境特性の長期変遷のモデル化技術の高度化」や「ニアフィールドにおける状態変遷を考慮した核種移行解析モデルの構築」に貢献する。
- 「必須の課題」の取りまとめを行い、引き続き研究開発が必要と考えられる課題を抽出し、令和2年度以降の計画を策定するとともに、自治体との協議を経て「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」として公表した。
- 坑道周辺の亀裂が発達する領域において岩盤の酸化還元状態の変化に関する研究により、坑道周辺の酸化抑制メカニズムを世界で初めて解明した。これらの成果は、地層処分の安全評価において処分場の閉鎖後に生じる変化の予測・評価上、重要な知見となる。

### 【他機関・他部署との連携】

- 国際共同研究(DECOVALEX 2020-2023:人工バリア性能確認試験を共同解析タスクとした熱－水理－力学－化学連成挙動モデルの開発・確証を目的とした国際共同研究)を開始
- 国内の大学や研究機関との連携、海外研究機関との研究協力の強化として、例えば、幌延深地層研究センターを活用した新たなOECD/NEA国際共同プロジェクトに関わる準備会合への参加機関の募集を実施(R3.10.26)

# 3. 第3期中長期計画における取組みの内容

## (2) 地質環境の長期安定性に関する研究 (1/2)

- 第3期中長期計画
- 自然現象に伴う地質環境の変化を予測・評価する技術を、地球年代学に係る最先端の施設・設備も活用しつつ整備する。
- ①調査技術の開発・体系化
  - ②長期予測・影響評価モデルの開発
  - ③年代測定技術の開発

| 年度<br>項目                        | 細目                         | 中長期<br>終了目標                | H27<br>(実績)                                                                                                                                                                                                               | H28<br>(実績) | H29<br>(実績) | H30<br>(実績) | R1<br>(実績)                                                                                                                                                                            | R2<br>(実績) | R3<br>(実績) |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
| (3)高レベル放射性廃棄物の処分技術等に関する<br>研究開発 | 2)地質環境の<br>長期安定性に<br>関する研究 | ・調査・研究の<br>着実な実施と取<br>りまとめ | 調査技術の開発・体系化                                                                                                                                                                                                               |             |             |             |                                                                                                                                                                                       |            |            |
|                                 |                            |                            | ・断層破砕帯内物質に着目した断層の活動性の評価技術の適用性を確認<br>・震源決定精度の向上による地殻構造のイメージング技術を高度化<br>・深部流体の存在を示唆する低比抵抗・低地震波速度体の検出手法の妥当性を確認 等                                                                                                             |             |             |             | ・断層破砕帯内物質の化学組成を用いた多変量解析による活断層と非活断層の分類法を検討<br>・地球物理学的手法と地質学的手法を組合わせた地下深部の不均質構造を把握する技術基盤を整備<br>・深部流体の熱的及び化学的特徴についての知見を蓄積<br>・深部流体の流入経路に関する調査技術を提示                                       |            |            |
|                                 |                            |                            | 長期予測・影響評価モデルの開発                                                                                                                                                                                                           |             |             |             |                                                                                                                                                                                       |            |            |
|                                 |                            |                            | ・地殻変動シミュレーションによる群発地震活動域での現象を検証<br>・山地の形成過程を推定する後背地解析技術を構築(プレス発表)<br>・地質環境の時間変化を三次元的に表現する数値モデルを構築し、アニメーション技術により可視化 等                                                                                                       |             |             |             | ・地震に伴う異常湧水が長期間継続している事例について、国内外の情報を収集・整理<br>・異常湧水発生域を事例対象とした地球物理学的調査・解析に基づく発生ポテンシャルの評価指標を提示<br>・熱年代学的手法や離水地形のマルチ年代測定に基づく手法等を適用し、隆起・侵食の調査・評価技術を拡充                                       |            |            |
|                                 |                            |                            | 年代測定技術の開発                                                                                                                                                                                                                 |             |             |             |                                                                                                                                                                                       |            |            |
|                                 |                            |                            | ・炭酸塩質の示準化石試料の局所分析によるU-Pb年代測定に成功(プレス発表)<br>・石英のOSL年代測定技術を整備し、適用性を確認<br>・加速器質量分析による <sup>26</sup> Al、 <sup>129</sup> Iの年代測定法を実用化<br>・テフラカタログを整備するとともに、LA-ICP-MSを用いた火山ガラスの同定手法を提示<br>・自動グラファイト調製装置を導入・整備するとともに、化学分析手法の高度化を推進 |             |             |             | ・形成年代の若いジルコンを対象としたU-Pb年代測定技術を整備<br>・長石のOSL年代測定技術及びOSL熱年代測定技術を整備<br>・加速器質量分析による <sup>36</sup> Clの年代測定法の実用化に着手<br>・整備した手法を用いてLA-ICP-MSによるテフラ層の同定を実施<br>・ポータブル蛍光エックス線分析装置による簡便な定量分析手法を構築 |            |            |

# 3. 第3期中長期計画における取組みの内容

## (2) 地質環境の長期安定性に関する研究 (2/2)

### 【研究の背景・狙い・目標・意義】

地層処分事業の概要調査～精密調査において必要とされる自然現象の影響調査・評価技術の拡充、将来の地形変化や地殻変動等を考慮した地質環境モデル提示の支援及び数千年～数千万年スケールの年代測定に対応した技術開発を進める。

### 【実施内容】

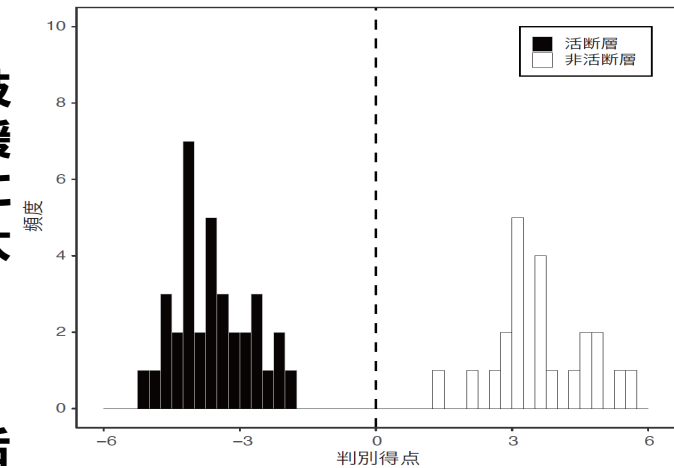
- ・自然現象の特徴および過去～現在までの履歴を把握するための各個別技術の拡充、地形変化や地殻変動等に関する地質環境モデルの提示を支援するための科学的検討、年代測定に用いる各種機器分析法の高精度化に向けた装置や前処理手法等の改良及び少量試料等への適用範囲の拡大を進める。

### 【成果・地層処分事業や他分野への貢献】

- 断層破碎帯内物質の化学組成を用いた多変量解析による活断層と非活断層の分類等が、最近の断層運動の有無を推定する一助となることを示した。本研究の成果は「もんじゅ」敷地内破碎帯の追加地質調査にも適用されている。
- 地質環境の長期安定性評価における共通的基盤技術として、幅広い年代域( $10^4 \sim 10^7$ 年)やさまざまな自然現象・試料に対応可能な年代測定手法の開発・整備を進めた。これらを通じて、深成岩の冷却や隆起過程の調査・評価技術の手法を開発するとともに、津波防災にも貢献できる津波堆積物の特定方法を提案した。

### 【他機関・他部署との連携】

○国内外の大学・研究機関との共同研究を実施



断層破碎帯内物質の化学組成を用いた多変量解析による活断層と非活断層の分類結果の例



土岐地球年代学研究所でのテフラの微量元素分析に使用したレーザーアブレーション(LA)装置(左)とICP質量分析装置(右)

# 3. 第3期中長期計画における取組みの内容

## (3) 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発 (1/2)

- 第3期中長期計画
- 深地層の研究施設計画や地質環境の長期安定性に関する研究の成果も活用し、地層処分に係る処分システム構築・評価解析技術の先端化・体系化を図る。

| 年度<br>項目                                                                                                      | 細目                     | 中長期<br>終了目標                                    | H27<br>(実績)                                                                                                                                       | H28<br>(実績) | H29<br>(実績) | H30<br>(実績)                                                                                       | R1<br>(実績) | R2<br>(実績)                                                                                      | R3<br>(実績) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| (3)高レベル放射性廃棄物の処分技術等に関する<br>研究開発                                                                               | 3) 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発 | ・高レベル放射性廃棄物の地層処分に係る処分システム構築・評価解析技術の先端化・体系化を図る。 | 処分システムに関する工学技術の信頼性向上                                                                                                                              |             |             |                                                                                                   |            |                                                                                                 |            |
|                                                                                                               |                        |                                                | ・沿岸部を想定した工学材料の特性等のデータ取得及び複合現象の評価手法開発<br>・緩衝材中のpH やオーバーパック腐食挙動を評価する原位置計測技術の適用性の確認<br>・幌延人工バリア性能確認試験データを用いたTHMモデル適用性確認                              |             |             | ・より広範な条件での腐食データ取得<br>・過渡期から長期のニアフィールド力学挙動評価手法の構築<br>・海外地下研(FEBEX 試験)データを活用した熱、水、応力(THM)連成モデル適用性確認 |            | ・塩水条件等での炭素鋼の不動態化挙動や緩衝材の基本特性等に関するデータ取得<br>・幌延人工バリア性能確認試験データや室内試験データを用いた熱、水、応力、化学(THMC)連成モデル適用性確認 |            |
|                                                                                                               |                        |                                                | ・低アルカリ性セメント支保工の基本特性データの取得<br>・軟岩中の含水比が力学挙動に与える影響データ取得                                                                                             |             |             | ・ニアフィールド複合現象を統合した変遷評価手法の開発<br>・緩衝材長期圧密試験                                                          |            |                                                                                                 |            |
|                                                                                                               |                        |                                                | 安全評価手法の高度化                                                                                                                                        |             |             |                                                                                                   |            |                                                                                                 |            |
|                                                                                                               |                        |                                                | ・地表環境の変遷を考慮した安全評価手法の開発、生活圈被ばく線量評価の信頼性向上                                                                                                           |             |             |                                                                                                   |            |                                                                                                 |            |
|                                                                                                               |                        |                                                | ・地層処分における過酷事象の概念構築                                                                                                                                |             |             |                                                                                                   |            |                                                                                                 |            |
| ・Ca型ベントナイトの間隙構造や核種移行データ取得とデータベースの整備<br>・結晶質岩・堆積岩のマトリクス部の核種移行モデル開発と原位置試験による適用性確認<br>・幌延地下研究施設における有機物・微生物等の特性評価 |                        |                                                | ・Ca型ベントナイト中の核種移行モデル・データベースの構築、Fe共存下でのベントナイト中の核種移行現象解明<br>・結晶質岩・堆積岩の割れ目部からマトリクス部にかけての核種移行モデル開発と原位置試験による適用性確認<br>・幌延の有機物・微生物等と核種との相互作用データ取得と評価モデル構築 |             |             |                                                                                                   |            |                                                                                                 |            |

# 3. 第3期中長期計画における取組みの内容

## (3) 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発 (2/2)

### 【研究の背景・狙い・目標・意義】

処分システムに関する工学的技術の信頼性向上として、人工バリア等の基本特性データの拡充及びデータベース開発並びに人工バリア等の長期複合挙動に関する研究を進める。また、安全評価手法の高度化として、システム性能評価に係る手法の開発及び放射性核種の移行に係る現象理解とデータベース開発を行う。

### 【実施内容】

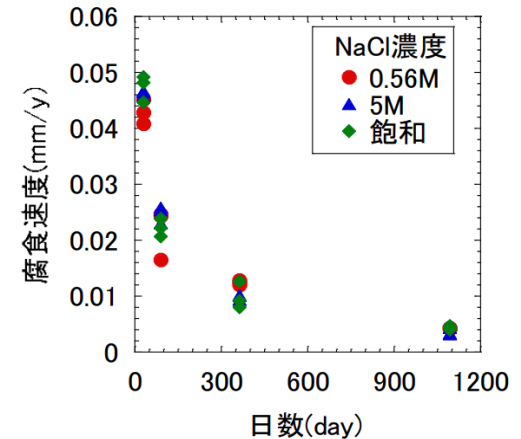
- 幅広い地質環境条件等に対して、オーバーパックの腐食挙動や緩衝材等の基本特性に係るデータを取得し、データベースとして整備する。深地層研究計画での原位置試験での計測データを活用し、人工バリアの連成挙動モデルの信頼性向上を図る。
- 地表環境の変遷を考慮した安全評価手法の開発や生活圏における被ばく線量評価の信頼性向上等を図る。緩衝材や岩盤中の放射性核種の移行、コロイド・有機物・微生物の影響評価手法の開発を行い、得られたデータをデータベースとして整備する。

### 【成果・地層処分事業や他分野への貢献】

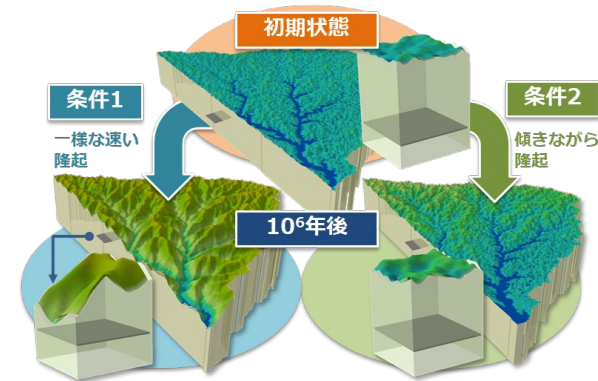
- 幅広い条件に対する人工バリアの適用性や堅牢性、長期挙動の推定に資するための基礎的情報が得られるとともに、閉鎖後長期のニアフィールド複合挙動を評価するためのシステム開発を進め、人工バリア挙動をより現実的に把握できる技術の構築に貢献した。
- 処分候補地の隆起・侵食による地形変化・処分場深度の長期的な変遷を評価することが可能となり、精密調査地区選定への貢献が期待できる。研究開発を通して核種移行モデル・データベース等の整備・拡充を進めるとともに、諸外国の最新知見も反映した最新の核種移行パラメータ設定手法を構築し、NUMOの包括的技術報告書(2021.2公開)に反映した。
- 地下深くの岩盤中の放射性物質の動きをより正確に推定する手法を構築し、今後の地層処分の候補サイトの岩盤を対象とした、効果的な調査・試験や信頼性の高い安全評価の実現に貢献した。

### 【他機関・他部署との連携】

- 国内大学と連携、国内関連機関(NUMO、原環センター)と連携
- 機構内の他部門との連携(原子力科学研究における界面反応分野)



緩衝材中における炭素鋼の腐食  
に及ぼすNaCl濃度の影響



隆起・侵食による地形変化・処分場  
深度変化の計算例

3. 第3期中長期計画における取組みの内容  
(4) 使用済燃料の直接処分研究開発 (1/2)

➤ 第3期中長期計画

海外の直接処分に関する最新の技術動向を調査するとともに、高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発の成果を活用しつつ、代替処分オプションとしての使用済燃料直接処分の調査研究に取り組み、成果を取りまとめる。

| 年度<br>項目                    | 細目               | 中長期<br>終了目標                                  | H27<br>(実績)                             | H28<br>(実績)                             | H29<br>(実績)            | H30<br>(実績)             | R1<br>(実績)        | R2<br>(実績)              | R3<br>(実績)      |
|-----------------------------|------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------|
| (3)高レベル放射性廃棄物の処分技術等に関する研究開発 | 4)使用済燃料の直接処分研究開発 | ・代替処分オプションとしての使用済燃料直接処分の調査研究に取り組み、成果を取りまとめる。 | 使用済燃料の直接処分に関する工学技術の開発                   |                                         |                        |                         |                   |                         |                 |
|                             |                  |                                              | ・使用済燃料の処分容器仕様設定に向けた各種解析の実施              | ・処分容器仕様の例示                              | ・腐食試験実施・データ解析(純銅・代替材料) |                         |                   |                         |                 |
|                             |                  |                                              | ・地下施設の概念設計の例示                           |                                         |                        |                         |                   |                         |                 |
|                             |                  |                                              |                                         |                                         |                        | ・臨界評価の高度化に向けた調査         | ・状態変化による臨界影響の確認   | ・複合的な臨界影響の検討            |                 |
|                             |                  |                                              | 使用済燃料の直接処分に関する安全評価手法の開発                 |                                         |                        |                         |                   |                         |                 |
|                             |                  |                                              | ・諸外国での使用済燃料からの核種溶出等の評価・試験事例の調査          | ・ウラン酸化物の溶解速度に及ぼす炭酸濃度影響に着目した試験実施、溶解速度の評価 |                        |                         |                   |                         |                 |
|                             |                  |                                              |                                         |                                         |                        |                         | ・使用済燃料を用いた試験環境の整備 | 使用済燃料を用いた試験実施、瞬時放出挙動の評価 |                 |
|                             |                  |                                              | ・使用済燃料の多様性や使用済燃料直接処分に特有な挙動に着目した評価手法等の検討 |                                         |                        |                         |                   |                         |                 |
|                             |                  |                                              | その他代替処分オプションの調査                         |                                         |                        |                         |                   |                         |                 |
|                             |                  |                                              | ・その他代替処分概念の調査                           | ・超深孔処分及び関連分野の最新情報の収集・整理                 |                        |                         |                   |                         |                 |
|                             |                  |                                              |                                         |                                         |                        | ・超深孔処分の成立性に影響する因子の分析・整理 |                   |                         |                 |
|                             |                  |                                              |                                         |                                         |                        |                         |                   |                         | ・段階毎の設計要件や課題の検討 |

# 3. 第3期中長期計画における取組みの内容

## (4) 使用済燃料の直接処分研究開発 (2/2)

### 【(研究の背景・狙い・目標・意義)】

エネルギー基本計画や基本方針において、幅広い選択肢を確保する観点から、使用済燃料など代替処分オプションに関する調査・研究を推進することとされている。使用済燃料の直接処分に関しては、使用済燃料の特徴(形状・寸法、発熱量、インベントリ、特有な現象等)を考慮した設計や安全性の確認が重要な課題の一つであり、人工バリア及び地下施設等の設計検討、また、安全性の評価に必要となる使用済燃料からの溶出挙動の調査及びシステム性能評価に係る手法の開発等を行う。さらに、直接処分以外の代替処分オプションの調査を行う。

### 【実施内容】

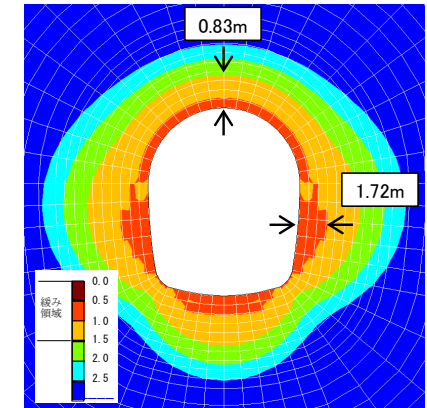
- ・人工バリアとしての処分容器の仕様の例示や閉じ込め性能が高い処分容器材料の開発、臨界安全性を考慮した燃料集合体の収容本数の例示、緩衝材の応力緩衝性や廃棄体の支持性能等の要件を満足することを確認する。また、処分坑道や処分孔の力学的安定性評価を行う。
- ・使用済燃料からの核種の放出挙動について、諸外国の評価事例をレビューし、実際の使用済燃料を用いた浸漬試験に着手するとともに、燃料からの核種の放出挙動を理解するための実験的な研究を実施する。
- ・燃料の炉型、燃料タイプ、燃焼度、冷却期間等の多様な条件を考慮し、使用済燃料の発生量を推定するとともに、直接処分の特有な線量支配核種について、処分容器の長寿命化の効果を確認する。
- ・直接処分以外の代替処分オプションとして、超深孔処分について、諸外国での検討事例の調査とともに、わが国の諸条件を考慮した場合の適用性・成立性の検討に向けた調査研究を行う。

### 【成果・地層処分事業や他分野への貢献】

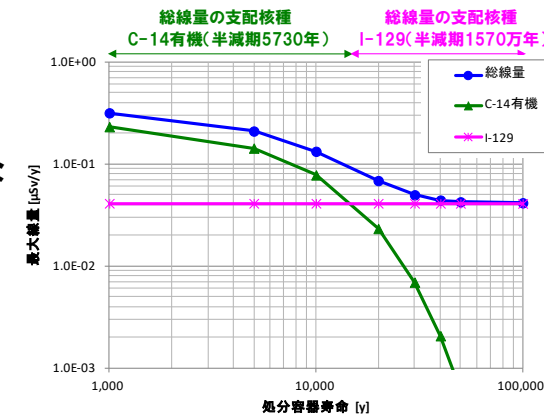
- ガラス固化体での技術や経験を直接処分での設計等に適用できる見通しを得た。
- 瞬時放出率の文献情報に基づく設定手法の構築、長期溶解速度の炭酸濃度依存性等の文献情報のレビュー結果について、学術論文で公開した。
- その他代替処分オプションとしての超深孔処分のわが国への適用性・成立性の検討において重要となる留意点や課題等を具体化した。
- これら成果は、将来に向けての幅広い選択肢の確保に貢献することが期待できる。

### 【他機関・他部署との連携】

- 機構内の他部門との連携(核不拡散・核セキュリティ総合支援センターにおける保障措置・核セキュリティ、高速炉・新型炉研究開発部門における燃料瞬時放出挙動、原子力科学研究における燃料長期溶解挙動など)



処分坑道の力学的安定性評価例  
(局所安全率)



処分容器の長寿命化の効果の評価例

# 3. 第3期中長期計画における取組みの内容

## (5) 技術基盤の整備提供、他機関との連携・協力、理解促進、人材育成等(1/8)

- 第3期中長期計画
- 技術基盤の整備提供、地層処分事業への貢献
- 技術協力/共同研究を通じた最先端技術/知見の取得・提供
- 技術力の強化・人材育成への貢献
- 施設の見学、ウェブサイトの活用による成果情報の公開、国民との相互理解促進



- 活動の成果
- 論文投稿等に加え、プレス発表、Webサイト活用等による積極的な成果発信
- NUMOとの共同研究を通じた技術の継承
- 大学等との連携・協力による革新的な成果の創出
- 見学者の受入れやイベントを通じた国民との相互理解促進
- 科学的特性マップ作成への貢献、意見交換会への協力

### 1) 技術基盤の整備提供

#### ○ 処分事業等に資する成果の創出、成果情報の発信

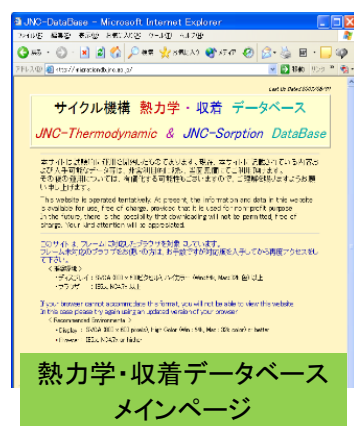
・研究開発成果については、積極的に国内外の学会で発表し、研究開発報告書類の刊行、論文投稿・掲載を行った。また、機構HPで公開しているCoolRep(ウェブサイトを活用した次世代科学レポートシステム)※への成果情報の追加や、英語版コンテンツの公開を行った。研究成果の一部については、プレス発表を行い、積極的な成果の普及に努めた。

※<https://kms1.jaea.go.jp/CoolRep/index.html>

【H27-R3】  
成果1,466件:国内外学会発表:801件、報告書類:226件、  
論文:439件(→参考資料⑤)  
受賞:35件(学会賞・論文賞等)(→参考資料⑥)  
(R3.12月末現在)

・機構HPで公開・提供している、核種移行に関するデータベースのデータ拡充を進めた。

- 熱力学データベース(平衡定数); 2,182件
- 収着分配係数データベース; 79,072件, 文献数 853編
- 拡散係数データベース; 5,013件, 文献数 288編
- ガラス溶解データベース; 数値データ 23,288件, 文献数237編 (R4.3月末予定累積値)



#### ○ 積極的なプレス発表を実施

【H27-R3】プレス発表18件(→参考資料④p.89～) (R3.12月末現在)

| 発表年月   | 所属 | テーマ名                              |
|--------|----|-----------------------------------|
| H28.6  | 東濃 | 断層運動で損傷した岩盤の自己修復機能の確認             |
| H28.8  | 東濃 | 岩盤が有する遅延機能に関する新たな発見               |
| H28.12 | 東濃 | 高水圧下でも適用可能な湧水抑制技術を開発              |
| H29.7  | 東濃 | 坑道閉鎖環境において物質の移動を抑制する現象を解明         |
| H29.9  | 東濃 | 光合成由来のエネルギー源に依存しない地底生態系の解明に成功     |
| H29.9  | 幌延 | 湧水対策が困難な地質構造を地上から把握する方法を開発        |
| H30.5  | 幌延 | 地下深部の亀裂の連結性を地上から評価する方法を開発         |
| H30.11 | 東濃 | 国内初、炭酸塩鉱物の微小領域の年代測定手法を開発          |
| H30.12 | 東濃 | 結晶質岩(花崗岩)の割れ目評価のための新知見を発見         |
| H31.1  | 東濃 | 山地形成過程の解明に国内初の手法を提示               |
| H31.4  | 東濃 | 花崗岩内の物質移動経路に関する新知見                |
| R1.11  | 東濃 | 白亜紀の花崗岩中に超臨界流体の痕跡を世界で初めて発見        |
| R2.3   | 幌延 | 坑道周辺の酸化抑制メカニズムを世界で初めて解明           |
| R2.9   | 幌延 | 汎用的な装置で地下の岩石の割れ目をずらすことに世界で初めて成功   |
| R2.11  | 東濃 | 深成岩の冷却や隆起過程の調査・評価技術の手法を新たに開発      |
| R3.11  | 東濃 | 津波防災に貢献できる津波堆積物の特定方法を提案           |
| R3.12  | 幌延 | 地下深部の割れ目の水の流れやすさに関わる法則性を発見        |
| R3.12  | 東海 | 地下深部の岩盤中の放射性物質の動きをより正確に推定する手法を構築  |
| R4.2予定 | 東濃 | 地球化学的判別手法を用いて寛文日向灘地震の痕跡を識別することに成功 |

➤ 効率的かつ効果的な研究開発成果の創出、最大化を図った。

➤ 地層処分の信頼性向上と技術基盤の整備を進めるとともに、地球科学や土木工学の原子力以外の分野の発展に貢献

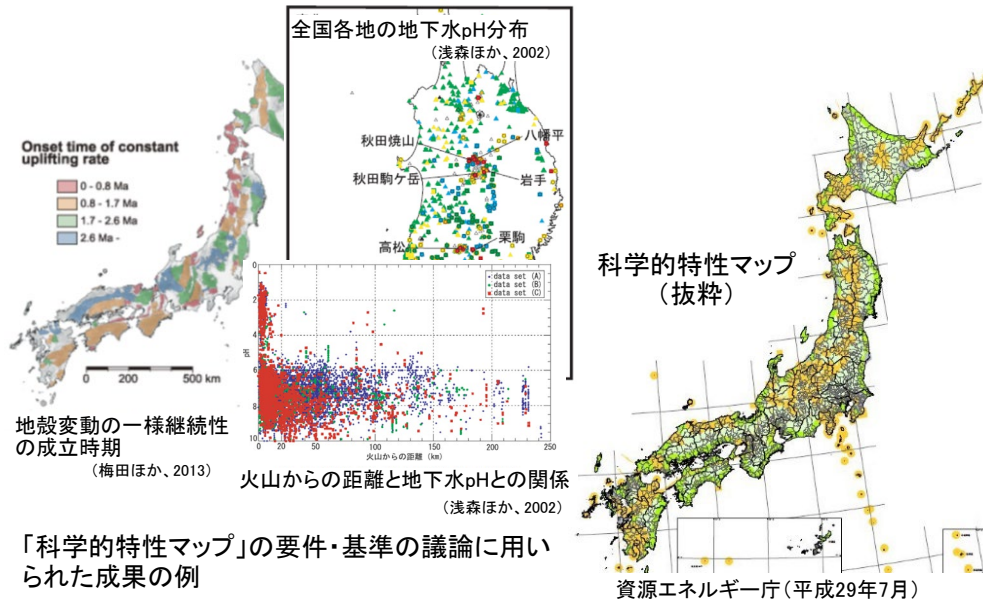
# 3. 第3期中長期計画における取組みの内容

## (5) 技術基盤の整備提供、他機関との連携・協力、理解促進、人材育成等(2/8)

### 1) 技術基盤の整備提供

#### ○「科学的特性マップ」の作成と公表へ貢献

- ・総合資源エネルギー調査会「[地層処分技術ワーキンググループ](#)」や「[沿岸海底下等における地層処分の技術的課題に関する研究会](#)」を通じて、科学的特性マップの要件・基準の議論に資する基盤的な情報を国やNUMOに提供した。
- ・また、それらは平成29年7月に国が公表した「[科学的特性マップ](#)」の作成に資する基盤的な情報としても活用され、国の施策への貢献ができた。



#### ○ NUMOによる「包括的技術報告書」の作成に貢献

- ・深地層の研究施設計画の成果に加え、地質環境の長期安定性に関する研究、地層処分放射化学研究施設等を活用した研究の成果を含めた技術基盤情報をNUMOに提供し、サイト特定前のセーフティーケースとしてNUMOが取りまとめた「包括的技術報告書」の作成に貢献

#### ○平成30年11月:

- ・「包括的技術報告:わが国における安全な地層処分の実現—適切なサイトの選定に向けたセーフティーケースの構築—(レビュー版)」の公開

#### ○平成30年12月～令和元年12月:

- ・日本原子力学会特別専門委員会によるレビュー

⇒ **当機構もレビュー委員として協力**

#### ○令和元年9月:

- ・特別専門委員会活動状況報告 (於 日本原子力学会2019秋の大会)

#### ○令和元年12月:

- ・特別専門委員会レビュー報告書公表

#### ○令和3年2月:NUMOにて修正後、最終版の公開

➤ これまでの研究成果が、要件・基準の議論を通じて、国の重要施策である「[科学的特性マップ](#)」の公表(平成29年7月、経産省)に貢献

➤ 機構から190件に及ぶ技術報告書が包括的技術報告書に引用された。

# 3. 第3期中長期計画における取組みの内容

## (5) 技術基盤の整備提供、他機関との連携・協力、理解促進、人材育成等(3/8)

### 2) 他機関との連携・協力

#### ○ NUMOへの積極的な技術の継承と人材育成

- ・NUMOとの共同研究の枠組みで、H27年度より、NUMOの技術者を受入れ、核燃料サイクル工学研究所が保有する施設・設備を活用して作業を共同で行うことにより、研究開発に関する知識・ノウハウなどを継承した。

**NUMO技術者受入れ人数**  
**【H27-R3】受入人数:延べ59名**



JAEAの研究施設で実験作業に従事するNUMO技術者  
(東海 核燃料サイクル工学研究所)

➤ NUMO技術者の現場作業経験の蓄積及び技術力向上に貢献した。

#### ○ 国内の大学・研究機関等との連携・協力の推進

- ・研究資源を有効に活用するために、他の研究開発機関等との共同研究を積極的に進めるとともに、研究成果を相互補完的に活用した。

**共同研究実施件数**

**【H27-R3】296件:大学195件、研究機関74件、民間企業50件、NUMO11件**

(複数年度の契約は、単年度ごとにカウント)

(1件につき複数機関が参加する場合は、機関ごとにカウント)

➤ 効率的かつ効果的な研究開発成果の創出、最大化を図った。

#### ・主な研究機関との共同研究実績

##### ○電力中央研究所

- ・地下水年代調査および評価技術の開発(瑞浪)
- ・物質移動特性調査および評価技術の開発(瑞浪)
- ・地質・地下水環境特性評価に関する研究(幌延)
- ・地下施設建設時の坑道掘削影響領域の調査技術に関する研究(幌延)
- ・実地下水中のコロイドへの核種の収脱着メカニズムに関する研究(東海)

##### ○原子力環境整備促進・資金管理センター

- ・無線計測技術の適用性に関する研究(瑞浪)
- ・搬送定置・回収技術に関する研究(幌延)
- ・地層処分実規模試験施設を利用した研究開発(幌延)
- ・オーバーパック溶接部等の耐食性に関する研究(東海)
- ・地層処分環境における金属材料溶接部の耐食性に関する研究(東海)

##### ○産業技術総合研究所

- ・岩盤の水理・化学・生物連成現象に関わる研究(瑞浪、幌延)
- ・海陸連続三次元地質環境モデルの妥当性の検証に向けたデータ取得手法に関する研究(幌延)

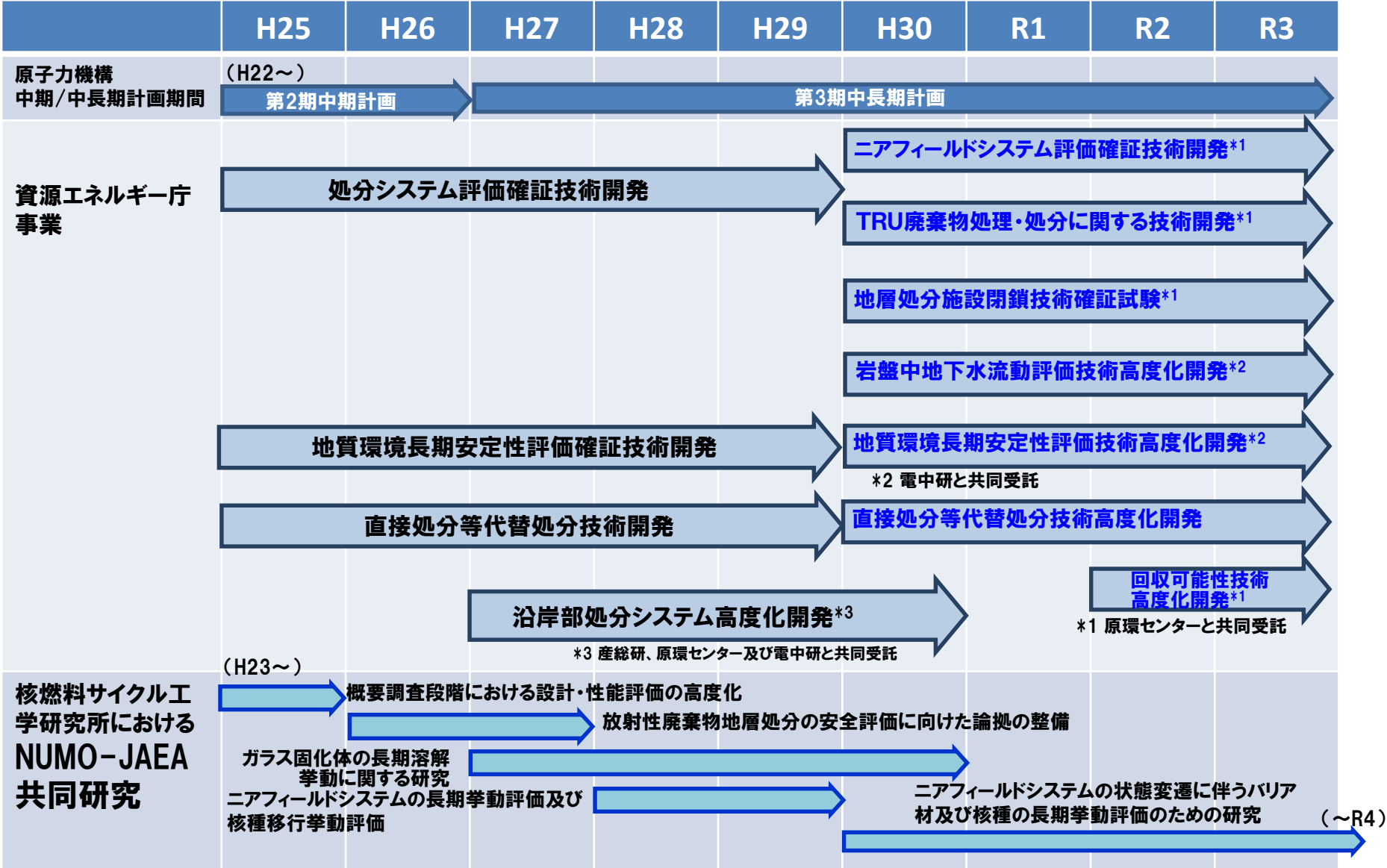
\* 他の研究機関、大学における共同研究実績については、参考資料④に掲載

# 3. 第3期中長期計画における取組みの内容

## (5) 技術基盤の整備提供、他機関との連携・協力、理解促進、人材育成等(4/8)

### 2) 他機関との連携・協力

#### ○原子力機構における資源エネルギー庁事業の受託状況等



# 3. 第3期中長期計画における取組みの内容

## (5) 技術基盤の整備提供、他機関との連携・協力、理解促進、人材育成等(5/8)

### 2) 他機関との連携・協力

#### ○ 海外の大学・研究機関等との連携・協力の推進

- ・二国間協力の枠組み(スイスNAGRA、スウェーデンSKB等の7か国9機関)や、多国間での国際共同プロジェクト(DECOVALEX、Clay Club等の7プロジェクト)を活用し、世界最先端の技術レベルで研究開発を実施するとともに、これら協力・連携を通じて、研究者・技術者の能力向上を図った。

#### 原子力機構が参加している国際機関の活動

- ・ OECD/NEA RWMC (放射性廃棄物管理委員会)  
⇒ IGSC (セーフティケース統合グループ)コアメンバー
- ・ IAEA URF (地下研究施設)ネットワーク  
⇒ H27年9月 幌延で技術会合(地層処分概念の基盤に関するトレーニングコース:10カ国17名)開催  
⇒ R1年11月 幌延でワークショップ(地層処分の基礎的内容に関する講義等:6カ国16名)開催

#### 原子力機構が参加している国際共同プロジェクト

- ・ OECD/NEA 熱化学データベースプロジェクト
- ・ OECD/NEA Clay Club(粘土岩を対象とした地層処分技術に関する国際的な情報交換)
- ・ OECD/NEA Crystalline Club(結晶質岩を対象とした地層処分技術に関する国際的な情報交換)  
⇒ H30年6月 瑞浪で定期会合を開催(7カ国15名)
- ・ SKB タスクフォース(岩盤中の地下水流動・物質移動のモデル化技術開発に関する国際協力)  
⇒ H30年6月 瑞浪で技術会合を開催(11カ国35名)
- ・ スイスグリムゼル試験場 国際共同プロジェクト  
⇒ H28年10月 幌延で長期拡散試験(LTD)プロジェクト会合(8カ国約20名)を開催
- ・ スイスモンテリー国際共同プロジェクト
- ・ DECOVALEX(連成解析モデル開発・検証プロジェクト)  
⇒ 2012-2015: 幌延人工バリア試験を共同解析タスクに設定  
2016-2019: 瑞浪再冠水試験を共同解析タスクに設定  
2020-2023: 幌延人工バリア試験を共同解析タスクに設定

#### 協力協定を有する国外機関との協力、情報交換

- ・ スイスNagra(グリムゼル国際プロジェクト等)
- ・ 米国DOE(核種移行における微生物影響等)
- ・ 韓国KAERI(地質環境、性能評価における技術会合等)

#### その他の国際協力

- ・ 台湾(台湾電力、核能研究所、工業技術研究院 等)との情報交換(東海・幌延)
- ・ 台湾電力作成「使用済核燃料の最終処分のための技術的適用性評価報告書(SNFD2017)」国際レビューへの参加
- ・ ドイツBGEとの情報交換(幌延)
- ・ ロシアNO RAOによる広報ビデオ(世界の地下研)への撮影協力(幌延)
- ・ 韓国電力公社国際原子力大学院の受け入れ(東濃) 等



SKBタスクフォース会合



IAEA トレーニング  
ワークショップ

# 3. 第3期中長期計画における取組みの内容

## (5) 技術基盤の整備提供、他機関との連携・協力、理解促進、人材育成等(6/8)

### 3) 理解促進

○ Webサイト等による情報発信

東濃地科学センターホームページ  
〔研究開発の進捗(瑞浪URLの坑道埋め戻しの進捗等)に伴うリニューアルを実施〕



幌延深地層研究センターホームページ  
〔アクセスし易さ等の観点からトップページの更新を実施〕



幌延深地層研究センター ゆめ地創館センターホームページ  
〔一般の方へご理解いただけるよう、ホームページのリニューアルを実施〕



- ・ホームページによる随時情報発信
- 調査研究・地下施設状況(東濃、幌延)
- 各種動画(报告会・説明会・地層処分概要等[ライブ配信含む])、お客様の声、地元自治体広報誌における研究紹介連載等(幌延)
- 委員会開催結果、研究成果リスト等の更新(推進部)
- ・Twitterを活用した情報を随時発信

お客様の声(左)、地下施設の動画紹介ページ(中)、札幌報告会のYou Tube配信(右)  
(幌延深地層研究センターホームページ)

➤ 積極的な情報発信活動に取り組んだ。

# 3. 第3期中長期計画における取組みの内容

## (5) 技術基盤の整備提供、他機関との連携・協力、理解促進、人材育成等(7/8)

### 3) 理解促進

○ 国民との相互理解促進のための活動の展開

- ・施設見学の実施(H27.4～R3.12)
- 【東濃】約1.2万人
- 【幌延】約4.4万人
- 【東海】約0.4万人



ゆめ地創館 (幌延)

- ・地層処分に関する国民との相互理解促進
- 地層処分技術開発に関する報告会を開催した。また、一般の方々を対象とした外部主催のイベントに出展し、科学や機構の業務に興味を持ってもらう活動を実施した。



幌延施設見学受け入れ



「経済産業省子どもデー2018」

- 【主な活動】
- (東海)
- ・「地層処分技術に関する研究成果報告会」(H27.7)
  - ・「地下深くの不思議を学ぼうー地層処分と「かがく」ー」(資源エネルギー庁共催:H27.7)
  - ・「経済産業省子どもデー」にNUMOと共同出展(H28.7, H29.9, H30.8, R1.7)
  - ・「青少年のための科学の祭典」に出展(H28.6、H28.7, R1.7)
  - ・「地層処分わくわくポイントラリー」(NUMO共催:H28.8)
  - ・「サイエンスアゴラ2017」に出展(H29.11)
  - ・「深地層の研究施設計画に関する報告会2020」(R2.12)

- (東濃)
- ・超深地層研究所計画 最終報告会(R4.2.9予定)
  - ・地層科学研究 情報・意見交換会(H27.10, H28.10, H29.10, H30.11, R1.11)
  - ・東濃地科学センターセミナー(H28.3, H29.3, H30.2, H31.3)
  - ・サイエンスカフェ(年6回程度開催)



「深地層の研究施設計画に関する報告会2020」  
(当日はライブ配信実施)



サイエンスカフェ(東濃)

【主な活動(続き)】

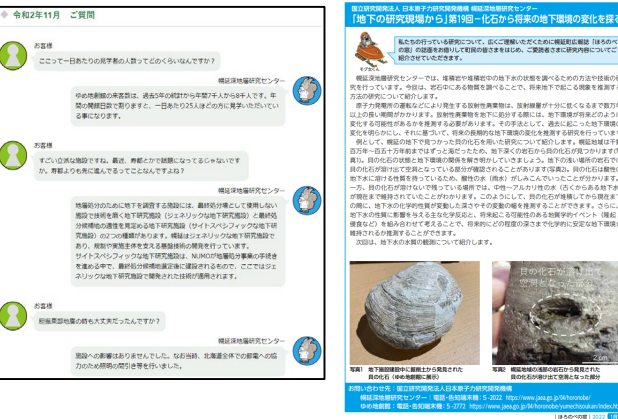
- (幌延)
- ・調査研究成果及び調査研究計画の地域の皆様方への報告会・説明会(H27.5, H27.8, H28.5, H28.8, H29.5, H29.8, H30.5, H30.8, H31.4, R1.7, R2.7, R3.4, R3.7)
  - ・札幌報告会(H27.8, H28.8, H29.8, H30.8, R1.8, R2.7, R3.11)
  - ・幌延フォーラム(H27.11, H28.10, H29.11, H31.1)
  - ・科学イベント(適宜)



地域の皆様方への説明会  
(幌延)



科学イベント(幌延)  
(工作実験教室)



幌延での情報発信  
(左:見学者のご意見、右:地元広報誌への連載)

- ・エネ庁・NUMO共催により、全国で開催されたシンポジウム・意見交換会等に研究者を派遣し、意見交換に協力した。
- 「高レベル放射性廃棄物について考える 地層処分意見交換会」(H28.10～11:9名派遣)
- 「いま改めて考えよう地層処分～科学的特性マップの提示に向けて～」(H29.5:9名派遣)
- 「科学的特性マップに関する意見交換会」(H29.10～12:28名派遣)
- 「科学的特性マップに関する対話型全国説明会」(H30.2～3:5名派遣、H30.5～8:19名派遣)

➤ 広報活動等を通じ、地層処分に関する相互理解を促進した。

3. 第3期中長期計画における取組みの内容  
(5) 技術基盤の整備提供、他機関との連携・協力、理解促進、人材育成等(8/8)

4) 人材育成

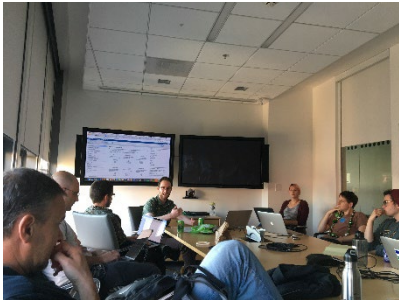
- 若手職員に対しての研究開発を通じた人材育成
- ・社会人博士号の取得:5名〔東濃2名、幌延2名、東海1名〕
  - ・博士研究員の受入:4名〔東濃3名、幌延1名〕
  - ・海外留学:4名〔東海4名〕
  - ・研究テーマ及び学会発表への若手の起用  
(機構外[若手研究者発表による受賞])
    - 日本原子力学会バックエンド部会優秀講演賞、同部会奨励賞、日本活断層学会若手優秀講演賞、日本地質学会研究発表会優秀講演者賞、日本地下水学会研究奨励賞、日本応用地質学会論文賞、バックエンド夏期セミナーポスター賞、日本地下水学会講演会 若手優秀講演賞、資源・素材学会 奨励賞、日本粘土学会 論文賞、国際ガス地球化学会議 最優秀発表賞、土木学会 論文奨励賞
  - (機構内での取組)
    - 若手研究者・技術者育成ファンド(R2-R3;11件、部門の研究・技術開発能力の底上げを目的とした若手職員育成[右表])
- 学生実習生等の受入を通じた、次世代の原子力を担う人材育成
- ・夏期休暇実習生 : 74名〔東濃52名、幌延9名、東海13名〕
  - ・特別研究生 : 30名〔東濃17名、幌延8名、東海5名〕
  - ・大学、SSH等校外教育受入: 6校〔東濃6校、幌延1校〕
  - ・国際原子力人材育成イニシアティブ事業「オープン教材の作成・活用による実践的原子力バックエンド教育」(平成26～28年度)に協力〔幌延見学受入れ、オープン教材作成〕
  - ・国内の技術者を対象に地層処分にに関する「人材育成セミナー」を、平成30年度\*1及び令和3年度\*2に実施し、我が国における地層処分の技術力向上に貢献  
(\*1:複数の国内機関と共同で開催、\*2: 原環センターでの開催に協力)

若手研究者・技術者育成ファンドの案件(機構内での取組)

| 年度 | 所属 | テーマ名                                              |
|----|----|---------------------------------------------------|
| R3 | 東濃 | 地質イベントの超高精度復元に向けて -ジルコンのマルチ年代学-                   |
| R2 | 東濃 | 山間部に分布する河川沿いの低い丘から洪水の規模と頻度を読み解く手法の開発              |
| R2 | 東濃 | 食いつなぎ礫の形成に伴う元素移動の解明                               |
| R2 | 東濃 | 海岸沿いの巨大地震・地殻変動履歴の高精度復元を目指した潮間帯化石群集の3D観察と多点14C年代測定 |
| R2 | 東濃 | 物質移動評価のための拡散係数の算出-原位置の拡散係数の取得を目指して-               |
| R3 | 幌延 | 堆積岩中の黄鉄鉱によるセレンの収着メカニズムの解明                         |
| R2 | 幌延 | 微生物を指標とした堆積岩中の水みち調査手法の開発ー地下水の水質形成に寄与する鉱物の抽出ー      |
| R2 | 幌延 | 堆積岩コア試料に含まれるセレンの存在形態分析                            |
| R3 | 東海 | Feイオン共存がガラス変質層の保護性に与える影響の解明:「ガラス固化体の実力」の評価に向けて    |
| R3 | 東海 | 深部地下中の核種移行に及ぼす有機物影響評価確証に向けた原位置試験法の開発              |
| R3 | 東海 | 核種移行挙動への地下水の有機物影響評価に対する計算化学的手法適用への挑戦              |



校外教育受入れ(東濃)

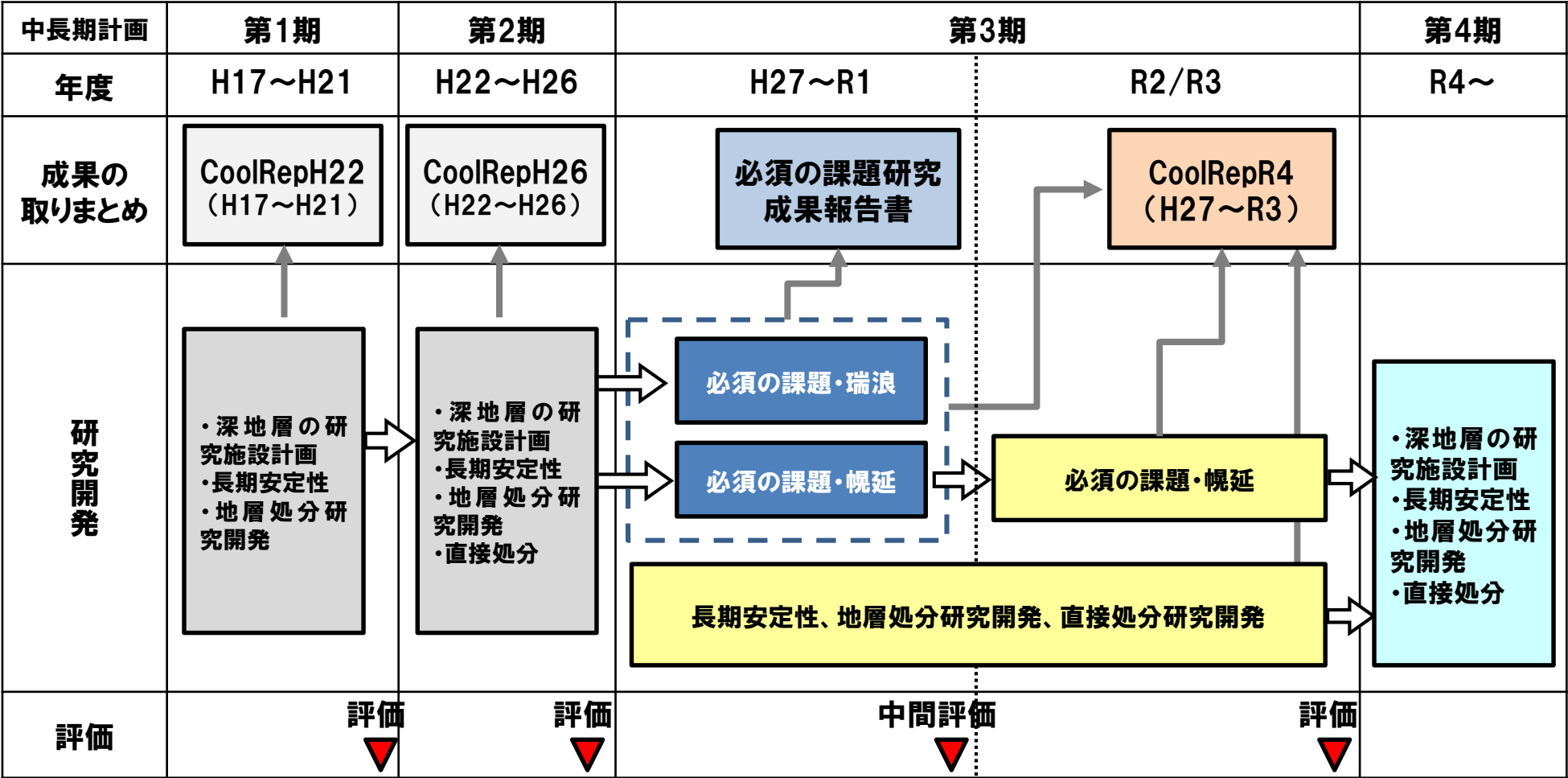


米国UCBへの留学

# 3. 第3期中長期計画における取組の内容

## (6) 成果の取りまとめと評価(1/2)

- ◆ わが国の地層処分計画を支える技術基盤として反映するため、処分事業や安全規制のニーズ・進展を踏まえ、段階的・定期的に取りまとめを実施
- ◆ 成果については、地層処分に関心のある様々なユーザーがWeb上で欲しい情報をスムーズに取り出すことのできるWeb上のレポートシステム(CoolRep)として公開



# 3. 第3期中長期計画における取組の内容

## (6) 成果の取りまとめと評価(2/2)

### 成果取りまとめの経緯

- 研究開発で得られた成果については、わが国の地層処分計画を支える技術基盤として反映するため、処分事業や安全規制のニーズ・進展を踏まえ、段階的・定期的に取りまとめを実施している。
- 「第2次取りまとめ」以降、これまでに平成17年取りまとめ「地層処分技術に関する知識基盤の構築」、第1期中期計画期間(H17.10～H22.3)成果取りまとめ「CoolRepH22」、第2期中期計画期間(H22.4～H27.3)成果取りまとめ「CoolRepH26」を実施・公表してきた。
- 取りまとめた成果の発信においては、構造的な文書化や成果の反映先を明示する等、ユーザーが活用しやすい形態での情報の提供を目指す。



CoolRep(クールレブ)

第2期中期計画期間成果取りまとめから新たに導入したウェブサイト上に研究開発成果に関する情報を発信・共有するレポートシステム

<https://kms1.jaea.go.jp/CoolRep/>

### (深地層の研究施設計画に関する研究開発成果の反映先)

- 第1期 CoolRepH22 ⇒ 概要調査の段階を中心とした技術基盤
- 第2期 CoolRepH26 ⇒ 精密調査の段階(前半)を中心とした技術基盤
- 第3期 CoolRepR4 ⇒ 精密調査の段階(後半)を中心とした技術基盤
- (今期)

## 4. 地層処分研究開発・評価委員会における中間評価結果

### ○ 中間評価（平成30年度実施：平成31年3月6日）

- ・地層処分技術の信頼性向上に寄与する基盤技術の整備が着実に進められており、その成果はNUMOの包括的技術報告書に反映されるとともに、科学的特性マップの作成に貢献するなど、顕著な実績が認められ、我が国の地層処分プログラムを支える中心的な研究開発機関としての役割を十分に果たしている
- ・他の研究機関等との協力・連携により多岐にわたる研究開発が進められており、地層処分手業に貢献するのみならず、関連する技術分野や学術研究にも波及効果のある成果を創出していることが高く評価できる。
- ・深地層の研究施設計画における必須の課題成果とりまとめについては、全体として概ね適切に研究が行われ、所期の目標を達成できたと評価できる。今後、超深地層研究所計画で得られたデータや知見が地層処分研究開発全体の枠組みの中にフィードバック・継承されるとともに、関連分野の研究開発・人材育成に最大限に活用されるよう、国内外に広く提供・展開されることを期待する。幌延深地層研究計画については、今後は、技術の確立が可能な水準に達するまで、人工バリア性能確認試験及び処分概念オプションの実証に関する試験等を継続する。

#### （ご意見）

- ・これまでに蓄積された膨大なデータや情報を活用した新たな視点からの研究開発にも挑戦することを期待
- ・地層処分に對する一般国民の関心や理解はいまだ十分とはいえない。今後とも国民の安心への貢献という観点から、研究開発機関としてできることを継続的に模索し挑戦していただきたい
- ・超深地層研究所計画で得られたデータや知見が関連分野の研究開発・人材育成に最大限有効に活用されるよう、国内外に広く提供・展開されることを期待
- ・幌延の地下研究施設を最先端の地層処分技術を実証するプラットフォームとして国内外に広く提供・活用されることを期待

# 5. 自己評価(1/8)

| 評価の視点                      | 自己評価                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 該当頁     | 評価 |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|
| ①研究開発の達成度(成功・不成功の原因の把握・分析) | <ul style="list-style-type: none"><li>第3期中長期計画では、地層処分の実現に必要な基盤研究開発の着実な実施、使用済燃料直接処分の調査研究の継続を通じて、地層処分計画に基づいた地層処分事業に貢献することとしている。また、令和元年度末までの深地層の研究施設計画の成果の取りまとめ、ならびに令和2年度以降の計画への取り組みを行うこととしている。</li><li>深地層の研究施設計画、地質環境の長期安定性に関する研究、地層処分放射化学研究施設等を活用した研究を着実に進め、それらの成果が、国の「科学的特性マップ」(平成29年7月公表)、NUMOの「包括的技術報告書」(令和3年2月公表)などに反映され、国及びNUMOが進める地層処分事業に貢献した。</li><li>直接処分では、ガラス固化体での技術や経験を直接処分での設計等に適用できる見通しを得るとともに、代替処分オプションとしての超深孔処分の適用性・成立性の観点から重要となる留意点や課題等を具体化した。これらの成果は、将来に向けての幅広い選択肢の確保に貢献することが期待できる。</li><li>令和元年度末までの深地層の研究施設計画にける成果の取りまとめを行い、必須の課題報告書として公表(令和2年3月)するとともに、第3期中長期計画期間内の成果については、網羅性・追跡性を確保しつつ、CoolRep R4として取りまとめた。これらの取りまとめは、地層処分技術の発展や理解向上に大きく寄与するものである。</li></ul> <p>以上のとおり、第3期中長期計画に基づき、成果の取りまとめを踏まえつつ、基盤研究開発を着実に進め、これらの成果が、国の「科学的特性マップ」やNUMOの「包括的技術報告書」に反映され、地層処分事業の大きな進展をみたことから、自己評価を「A」とした。</p> | p. 4-16 | A  |

# 5. 自己評価(2/8)

| 評価の視点          | 自己評価                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 該当頁                    | 評価 |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----|
| ②当初の研究開発計画の妥当性 | <ul style="list-style-type: none"><li>第3期中長期計画では、地層処分の実現に必要な基盤研究開発の着実な実施、使用済燃料直接処分の調査研究の継続を通じて、地層処分計画に基づいた地層処分事業に貢献することとしている。また、令和元年度末までの深地層の研究施設計画の成果の取りまとめ、ならびに令和2年度以降の計画への取り組みを行うこととしている。</li><li>当該計画に基づき、基盤研究開発を着実に進め、それらの成果が、国の「科学的特性マップ」(平成29年7月公表)、NUMOの「包括的技術報告書」(令和3年2月公表)などに反映され、国及びNUMOが進める地層処分事業に貢献できた。</li><li>また、令和元年度末に2つの深地層の研究施設計画の成果を取りまとめ、必須の課題報告書として公表するとともに、令和2年度以降の深地層の研究施設計画に基づき、瑞浪については、賃貸借期間までに坑道の埋め戻し、地上施設の撤去を完了した。また、幌延については、計画に基づいた研究を着実に進めた。</li></ul> <p>上記のように、第3期中長期計画に沿って研究開発を進めた結果、我が国の将来的な地層処分計画立案に資する研究成果を創出するなど、当初の計画に基づいた成果が得られたことから、自己評価を「B」とした。</p> | p. 4<br>p. 16<br>p. 18 | B  |

# 5. 自己評価(3/8)

| 評価の視点                         | 自己評価                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 該当頁                     | 評価 |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----|
| ③研究開発成果の効果・効用(アウトカム)の把握・普及の程度 | <ul style="list-style-type: none"><li>研究開発成果については、国内外の学会発表(810件)、報告書類の刊行(226件)、論文投稿・掲載(439件)に加え、Webを活用した情報発信や、プレス発表(18件)を行い、積極的な成果の普及に努めることで、地層処分の技術基盤の整備・提供を着実に進めてきた。このうち地質環境情報の整備結果等については、「科学的特性マップ」の作成に資する基盤的な情報として活用され、国における議論の過程、結果に重要な役割、貢献を果たすことができた。また、NUMOが作成した「包括的技術報告書」には、現在までに進めてきた、機構の多くの研究開発成果が活用(190件)されており、処分事業に貢献した。</li><li>また、新型コロナウイルス感染症の影響下における効果的な理解促進活動の新たな試みとして、幌延深地層研究センターでの研究を紹介する動画や「ゆめ地創館」案内動画の制作・公開を進めるほか、深地層の研究施設計画に関する成果報告会及び住民説明会をライブ配信し、対面での情報発信が限られる中でも確実な情報発信を行った。</li><li>地質環境の長期安定性に関する研究においては、高速増殖原型炉「もんじゅ」敷地内破碎帯調査の支援において、上載地層法が適用できない断層調査に対してひとつの指針を与えうる評価事例を示した。これは原子力発電所の再稼働に向けた安全審査など、地層処分以外の分野にも貢献できる特筆すべき成果である。</li><li>この他、世界で初めて、「坑道周辺の酸化抑制メカニズムの解明」や「汎用的な装置を活用して人工的に岩盤中の割れ目をずらす原位置試験手法の開発」を行うほか、「深成岩の冷却や隆起過程の調査・評価技術の新たな手法の開発」を行い、天然ガス・石油の地下貯蔵等の地下利用分野の課題解決等に広く貢献した。</li></ul> <p>以上のように、処分事業等に活用可能な成果の創出や国の施策への貢献のほか、他分野の課題解決等への貢献も踏まえ、自己評価を「A」とした。</p> | p. 17<br>p. 18<br>p. 23 | A  |

# 5. 自己評価(4/8)

| 評価の視点                     | 自己評価                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 該当頁            | 評価 |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----|
| ④若手研究者の育成・支援への貢献の程度       | <ul style="list-style-type: none"><li>・東京大学大学院工学系研究科原子力専攻(専門職大学院) および連携大学院での講義、夏期実習生の受け入れ(74名)、特別研究生の受け入れ(30名)に加え、文部科学省国際原子力人材育成イニシアティブ事業(オープン教材の作成・活用による実践的バックエンド教育(H26-29))への協力等を行った。平成30年度には、関係する研究開発機関と共同で地層処分に関する「平成30年度人材育成セミナー」を開催した。</li><li>・NUMOとの共同研究の枠組みでNUMOの若手技術者を東海の研究施設に受入れる等、実施主体の人材育成にも貢献した。さらに、国際機関が主催するセミナーの開催や国外の大学院の講義・実習の受け入れなど国外の人材の育成にも貢献した。</li><li>・この他、機構内では、部門内の若手研究者・技術者を対象に、新たな研究開発・技術開発のスタートアップ支援を行い、研究者・技術者の育成・強化を図るとともに、今後の研究・技術開発に向けて、より視野を持ってもらう機会とするため、若手職員を中心とする技術交流会を開催した。</li></ul> <p>以上のように、機構が有する研究設備、人材、研究開発成果を活用し、次世代の地層処分研究開発を支える人材の育成に貢献していることから、本項目についての自己評価を「B」とした。</p> | p. 19<br>p. 24 | B  |
| ⑤将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討 | <ul style="list-style-type: none"><li>・第3期中長期計画期間での中間評価において、「これまでに蓄積された膨大なデータや情報を活用した新たな視点からの研究開発にも挑戦することを期待」、「幌延の地下研究施設を最先端の地層処分技術を実証するプラットフォームとして国内外に広く提供・活用されることを期待」といったご意見をいただいている。前者については、ビッグデータを活用したデジタルツイン技術の基盤整備として、次期中長期計画に反映し取り組んでいく。</li><li>・一方、後者については、幌延深地層研究センターの国際拠点化という大きな飛躍に向けて、その足掛かりとして国際共同プロジェクトの立上げに向け、準備会合への参加募集を行った。</li></ul> <p>以上のことから、本項目についての自己評価を「A」とした。</p>                                                                                                                                                                                                                               | p. 26<br>p. 27 | A  |

# 5. 自己評価(5/8)

| 評価の視点           | 自己評価                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 該当頁                 | 評価 |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----|
| ⑥国内外他機関との連携の妥当性 | <p>【国外機関との協力】</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・研究協力については、国際水準の技術力の維持向上、機構の研究機関としての中長期的な視点に立った国際的な人脈形成や機構内の人材育成等の観点を念頭におきつつ、国内で実施中の研究開発との相互補完的な役割を重視して、参加すべきプロジェクトの取捨選択を行ってきている。</li><li>・具体例として、国際共同プロジェクト(DECOVALEX)、スイスグリムゼル地下研究施設における国際共同プロジェクトを行い、外部の研究資源も活用しつつ、地下研等の試験研究の結果と統合し、成果の最大化につなげている。さらに、アジアの近隣諸国との関係では、台湾電力作成の「使用済燃料の最終処分のための技術的適用性評価報告書」に関する国際レビューの実施のほか、韓国や台湾との技術検討会や情報交換会、講演等を行ってきた。</li></ul> <p>【国内機関との協力】</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・NUMO、電中研及び原環センターとは研究協力協定を有し、定期的な会合によりそれぞれ機関での研究開発の状況や協力の状況を確認しながら、「地層処分研究開発に関する全体計画」に基づく適切な役割分担のもと、研究を進めてきている。特に、電中研とは、瑞浪での原位置トレーサ試験、幌延における掘削影響領域の観測技術の開発等について、原環センターとは、幌延での搬送・定置試験、地中無線によるモニタリング、東海でのオーバーパックの腐食研究等で多くの成果を創出する一方、平成27年度以降は、資源エネルギー庁の委託事業を共同で受託し、基盤研究全体の最大化に向けた努力をしている。NUMOとの共同研究については、平成28年度より東海の研究施設にNUMOの若手技術者を研究協力員として受入れ協働することを通じて、技術の継承と人材育成にも貢献してきている。</li></ul> <p>上記の通り、国際共同プロジェクトへの参画や、国内外の研究開発機関等との共同研究を積極的に進め、研究資源の相互補完的な活用を進め、全体として効率的かつ効果的な研究開発成果を創出し、研究成果の最大化が図られていることから、本項目についての自己評価を「A」とした。</p> | p. 19<br>～<br>p. 21 | A  |

# 5. 自己評価(6/8)

| 評価の視点              | 自己評価                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 該当頁   | 評価 |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|
| ⑦イノベーション創出への取組の妥当性 | <p>・瑞浪、幌延の深地層の研究施設や地層処分基盤研究施設、地層処分放射化学研究施設を活用して、大学や研究機関に加え民間企業との協力・連携を進め、互いの知見、技術、評価手法等を相補的に活用し、効率的な研究開発を推進した。これらの成果は、地層処分技術の信頼性向上に寄与するとともに、地層処分以外の研究分野や工業技術分野等にも貢献している。</p> <p>・具体的には、「高水圧下でも適用可能な湧水抑制技術の開発」、「湧水対策が困難な地質坑道を地上から把握する方法の開発」、「汎用的な装置で地下の岩石の割れ目をずらす原位置試験手法の開発」、「地下深部の割れ目の水の流れやすさに関わる法則性の発見」などの成果は、一般土木分野、石油・天然ガスの地下貯蔵等の地下利用分野への貢献が、また、「光合成由来のエネルギー源に依存しない地底生態系の解明」に関する成果は、地球微生物学への貢献が期待できる。その他、「岩盤が有する遅延機能に関する新たな発見」、「坑道閉鎖環境において物質の移動を抑制する現象の解明」、「坑道周辺の酸化抑制メカニズムの解明」などについては、地層処分の安全評価上重要な知見となるものである。</p> <p>上述のとおり、大学や研究機関等との協力・連携の観点、他分野への応用・展開の観点においても、実効的な取り組みが行われ、顕著な成果が得られていると判断できることから、自己評価を「A」とした。</p> | p. 17 | A  |

# 5. 自己評価(7/8)

| 評価の視点                                      | 自己評価                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 該当頁                     | 評価 |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----|
| ⑧社会実装の達成度、取組の妥当性(技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む) | <p>・基盤研究開発を着実に進め、それらの成果が、国の「科学的特性マップ」(平成29年7月公表)、NUMOの「包括的技術報告書」(令和3年2月公表)などに反映され、国及びNUMOが進める地層処分事業に貢献した。</p> <p>・深地層の研究施設計画においては、法律で定められた最終処分場の深度(300m以深)までの地下空間を調査・評価し、そこに地下施設を建設維持できることを実証するという所期の目的を達成し、それらの成果を必須の課題報告書として取りまとめるとともに、NUMOが処分事業においてサイト選定や処分場の設計及び安全評価を進める上で必要な技術基盤としてそれらの研究成果を提供した。</p> <p>・第3期中長期計画期間のこれらの成果については、地層処分に関心のある様々なユーザーがWeb上で欲しい情報をスムーズに取り出すことのできるWeb上のレポートシステム(CoolRepR4)として取りまとめることで、地層処分技術の発展や理解向上に大きく寄与する。</p> <p>・また、プレス発表した「高水圧下でも適用可能な湧水抑制技術の開発」、「深成岩の冷却や隆起過程の調査・評価技術手法の開発」、「汎用装置を活用した人工的に岩盤中の割れ目をずらす原位置試験手法の開発」などの成果は、大規模地下構造物の建設やトンネルなどの湧水対策に関わる土木分野への活用、天然ガス・石油の地下貯蔵等の様々な地下利用分野の課題解決等に広く貢献可能な成果と考える。</p> <p>以上のことから、実施主体は勿論、関連する一般土木分野等に波及効果を及ぼす顕著な研究成果を創出したことから、本項目についての自己評価を「A」とした。</p> | p. 17<br>p. 25<br>p. 26 | A  |
| ⑨科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性                 | <p>・2017年7月に「科学的特性マップ」が公表され、2020年11月には文献調査が開始し、さらにエネルギー基本計画では、国、NUMO、JAEA等の関係機関が全体を俯瞰して、総合的・計画的かつ効率的に技術開発を着実に進めること、その際、幌延の深地層研究施設等における研究成果を十分に活用していくことが明記された。</p> <p>・このように地層処分事業の大きな進展をみたことから、科学技術政策、社会的意義等については、自己評価を「A」とした。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | p. 18                   | A  |

# 5. 自己評価(8/8)

| 評価の視点                                         | 自己評価                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 該当頁   | 評価 |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|
| ⑩研究開発課題／成果の社会的受容性（社会へ及ぼす影響度の想定）               | <p>・国民との相互理解の促進の活動として、2つの深地層の研究施設を積極的に活用し、定期施設見学会を開催しており、見学後や説明後に地層処分技術に関する理解が深まったなどの意見をいただいている。関係自治体や報道機関への施設公開などを進めるとともに、NUMOが主催する一般の方々を対象とした見学会に協力した。</p> <p>・外部機関が主催する科学イベント等に出展し、子どもをはじめとした広い年齢層に科学や地層処分について興味や関心をもってもらう活動を展開した。国やNUMOが主催するシンポジウム及び意見交換会等に研究者・技術者を派遣し、一般の方々や専門家、報道関係者等の参加者と意見交換を行い、地層処分に関する相互理解促進のための活動に協力している。</p> <p>以上のように、当初計画に沿って国民との相互理解促進を進めてきていることから、自己評価を「B」とした。</p>                                                                          | p. 23 | B  |
| ⑪人材育成に関する取組の妥当性(原子力を担う人材、イノベーション・デジタル化を担う人材等) | <p>・人材育成への貢献として、スーパーサイエンスハイスクールへの講師派遣、東京大学大学院工学系研究科原子力専攻(専門職大学院) および連携大学院での講義、夏期実習生の受け入れ(74名)、特別研究生の受け入れ(30名)に加え、文部科学省国際原子力人材育成イニシアティブ事業(オープン教材の作成・活用による実践的バックエンド教育(H26-29))への協力等を行った。平成30年度には、関係する研究開発機関と共同で地層処分に関する「平成30年度人材育成セミナー」を開催した。</p> <p>・NUMOとの共同研究の枠組みでNUMOの若手技術者を東海の研究施設に受入れる等、実施主体の人材育成にも貢献した。さらに、国際機関が主催するセミナーの開催や国外の大学院の講義・実習の受け入れなど国外の人材の育成にも貢献した。</p> <p>以上のように、機構が有する研究設備、人材、研究開発成果を活用し、次世代の地層処分研究開発を支える人材の育成にも積極的に貢献が行えていることから、本項目についての自己評価を「A」とした。</p> | p. 24 | A  |